

후면 덧쌓기에 의한 농업용 저수지 독 높이기 사업

-공 저수지와 추풍령 저수지를 중심으로-



송 희 중
한국농어촌공사 충북지역본부
soju@ekr.or.kr

1. 머리말

저수지 독높이기 사업은 최근 이상기후 대비, 홍수와 가뭄 등 물 문제를 근원적으로 해결하고 수공간의 합리적 이용을 최대화하기 위해 4대강 살리기 프로젝트의 일환으로 2009년부터 시작되었다. 저수지 독을增高하여 저수용량을 추가로 확보하고, 추가 확보되는 물은 갈수기에 하천유지용수로 방류함으로써 저수지 주변과 하류하천의 수질 및 환경을 개선하는 것을 목적으로 한다. 2009년 마스터플랜을 수립하여 주요 사업이 착공되었

으며 총 110지구 2조 7천억 원을 투입하여 현장에서 활발히 사업이 진행되고 있다.

2012년 7월 현재 20지구 준공, 89지구 공사 중, 1지구 시행계획 승인 신청 중이며, 당초 '12년까지 4대강 내 93지구를 동시에 준공할 계획이었으나 4대강 분류 준공시기, 지구별 추진여건 등을 감안하여 '11년 20지구, '12년 60지구, '13년 13지구 준공 예정이며, 4대강 유역 밖의 17지구는 '10년 착수하여 '15년까지 사업을 완료할 계획이다.

개발 유형별로는 제체 덧쌓기 64지구, 후면 덧쌓기

표 1. 저수지 독 높이기 현황

구 분	사업량 (개소)	개발유형			사업기간	추가저수량 (억㎡)		사업비 (억원)
		제체 덧쌓기	후면 덧쌓기	이설 신설				
계	110	64	29	17		6.1 ⇒ 8.5	2.4	27,049
4대강 내	93	55	25	13	'09 ~ '13(5개년)	5.3 ⇒ 7.4	2.1	22,986
4대강 밖	17	9	4	4	'10 ~ '15(6개년)	0.8 ⇒ 1.1	0.3	4,063

29지구, 이설 15지구, 신설 2지구로 전반적으로 덧쌓기가 대부분을 차지하고 있으며 본고에서는 상대적으로 공정이 복잡하고 시공이 까다로운 후면 덧쌓기에 대해 소개하고자 한다.

2. 저수지 뚝 높이기 공법

1. 우리나라 농업용 저수지(댐) 재개발 사례

국내 최초 농업용 저수지(댐) 재개발은 섬진강댐(1965, 기존댐 하류부 신설)을 시작으로, 성덕댐(2004, 기존댐 하류부 신설), 오봉저수지(2007, 제체 덧쌓기+Parapet) 등이 재개발 또는 재해대비개보수사업으로 추진되었으나 내용연수 경과에 따른 개보수사업이 주종을 이룬다. 증고 높이별로 2~3m의 제당 증고 시에는 코어를 연직 또는 경사지게 설치하고, 5m이상 증고 시에는 중심코어의 기초처리부터 다시 시공하는 방법을

주로 채택하고 있다.

2. 저수지 뚝 높이기 개발 유형 및 특징

뚝 높이기 형식은 기초지반의 조건, 주변의 지형조건, 기존 제체의 형식 등에 의해 결정되지만 기본적으로 증고 높이에 따라서 구분한다.

2.1 제체 덧쌓기

저수지 제체 외측에 증고 5.0m 미만으로 덧쌓기를 하는 유형이다. 기존 제체가 안전하고 제체 덧쌓기 높이가 5.0m이내의 경우로 유역 상류부 수몰부분에 대한 제약 조건이 있으며, 만수면적이 넓어 증고 높이(5.0m)에 따른 추가용수확보가 용이하고, 여수로 수문 설치와 병행으로 추가용수 확보가 용이한 지구가 해당된다.

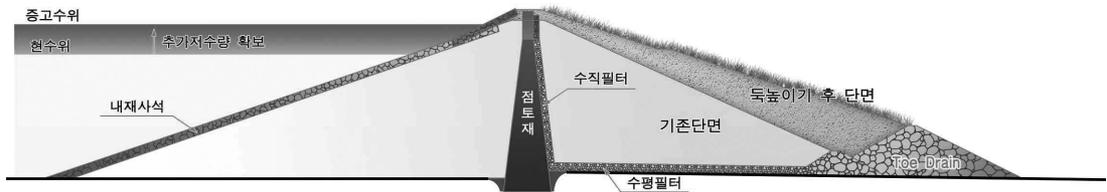


그림 1. 제체 덧쌓기



그림 2. 후면 덧쌓기



그림 3. 이설 쌓기

2.2 후면 덧쌓기

기존 제체가 안전하고 제체 덧쌓기 높이가 5.0m 이상이며 유역 상류부 수몰지 내의 조건이 양호하고 증고에 제약조건 없이 추가용수 확보 가능한 지역, 용수확보를 위한 제체 이동에 제약조건이 있을 경우 적합한 공법이다.

2.3 이설 쌓기

제체 쌓기 높이가 5.0m 이상으로 제체 설치지점 하류부 이동으로 저수용량이 2배 이상 증가하며 기존 지점 하류부 지점의 지형 및 지질조건이 양호한 지구를 대상으로 기존의 저수지와 별도로 저수지의 제체 하류에 새로이 제당을 설치하는 증고 높이가 15m 이상의 저수지 공사를 말한다.

3. 후면 덧쌓기 공법 시공 사례

3.1 궁지구

3.1.1 공사개요

궁저수지는 1954년에 준공된 저수지로 보청천 하류로 방류되어 국가하천인 보청천을 따라 금강으로 유입된다. 독 높이는 후면 덧쌓기 공법을 적용하여 제당을 13m (H=20.8m → 33.8m) 높이는 사업으로 2012년 7월 현재 터파기 공사가 진행 중이며 주요 공종은 아래와 같다.

- 유역면적 : 1,245ha
- 수혜면적 : 392ha
- 제 체 : 높이 H=20.8m → 33.8m,
연장 276m → 380m (추가저수량 : 617만³m³)
- 만수위 : EL. +245.8m → EL. +258.8m (13.0m 증)
- 홍수위 : EL. +247.5m → EL. +260.3m (12.8m 증)
- 여수토 : L=71.0m → 88.0m (17.0m 증)
(홍수량 : 146.8m³/s → 333.12m³/s)

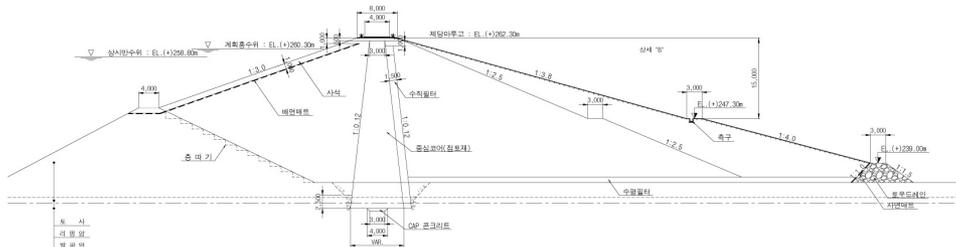


그림 4. 제당 표준단면도



그림 5. 제당 터파기 전경



그림 6. 취수탑 터파기 전경

- 취수탑 : H=27.8m, D=4.0m
(환경용수량 : 13,700m³/일)
- 복 통 : D=2R-2.0, L=432m
- 도 로 : 3조 7,200m
(지방도 1조 3.2km, 이설도로 2조 4.0km)

3.1.2 주요공법

① 제당 거동 특성 계측

계측항목	계측기기명	표기	기호	수량
변형	침하측정점	CS	⊕	3
	지반변위계	E		1
응력	토압계	EP	△	12
간극수압	간극 수압계	PP	○	5
지하수위	수위계	W	I	1
지진	지진계	SM	□	3

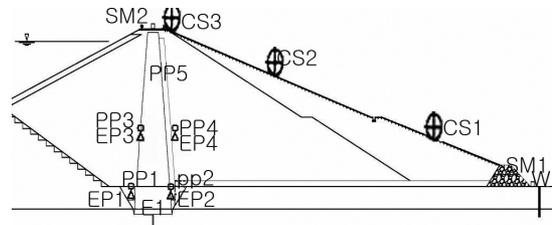


그림 7. 계측기 배치도

② 취수탑 가체질 설치

궁저수지의 20년빈도 계획홍수위와 가제당의 여유고와 기존 제당과의 연결성, 지형현황 등을 고려하여 가제당 높이로 결정하였고, 저수지의 수중에 설치하는 것을 고려하여 암성토후 슈트파일을 설치하여 유수를 차단하도록 하였다.

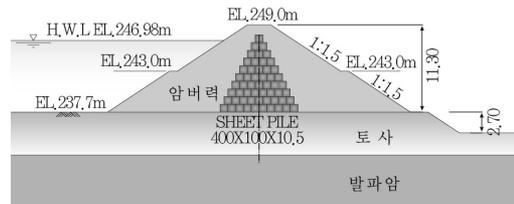


그림 8. 가체질 단면도



그림 9. 취수탑 가제철 시공

③ 기존 복통 폐쇄

폐쇄에 따른 소요길이는 플러그가 위치하는 원지반의 흙 두께, 터널주변의 지질상태 등 지형지질적 조건, 작용수압 등을 고려해서 타설 면의 전단강도에 대한 폐쇄 길이, 활동에 대한 폐쇄 길이, 폐쇄주변의 고정을 위한 소요길이, 경험식에 의한 폐쇄 길이를 비교, 검토하고 누수방지 및 안전성 등을 고려하여 기존 제당의 중심축과 복통이 교차되는 지점(L=10m)에 설치하였다.

④ 시공중 단층처리

- ① 매트 콘크리트 : 굴착 후 암반 요철 발달, 연암 크랙이 발달한 경우 일정 두께의 콘크리트 타설
- ② 콘크리트 충전 : 굴착 후 요철이 많은 경우 형상 정

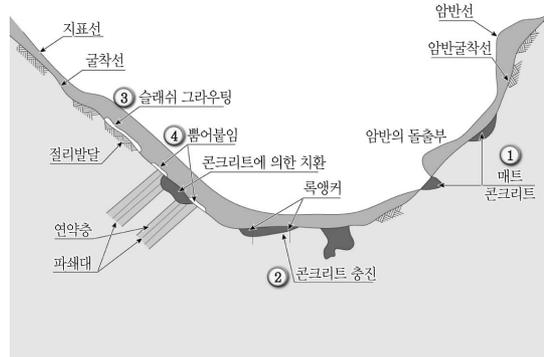


그림 10. 제당 기초 단층처리 대책

형 후 콘크리트 충전

- ③ 슬래쉬 그라우팅 : 개구 절리 발달시 개구부를 폐쇄하여 저항력 증대
- ④ 뿔어붙임(Spraying) : 풍화방지, 안전대책 일환으로 탈락 위험이 있는 암반에 실시

3.1.3 중점 관리 사항

취수시설은 시공 중 농업용수 무중단 공급계획 수립, 신설 제당 중심코아 하부 복통 관통에 따른 지수계획 수

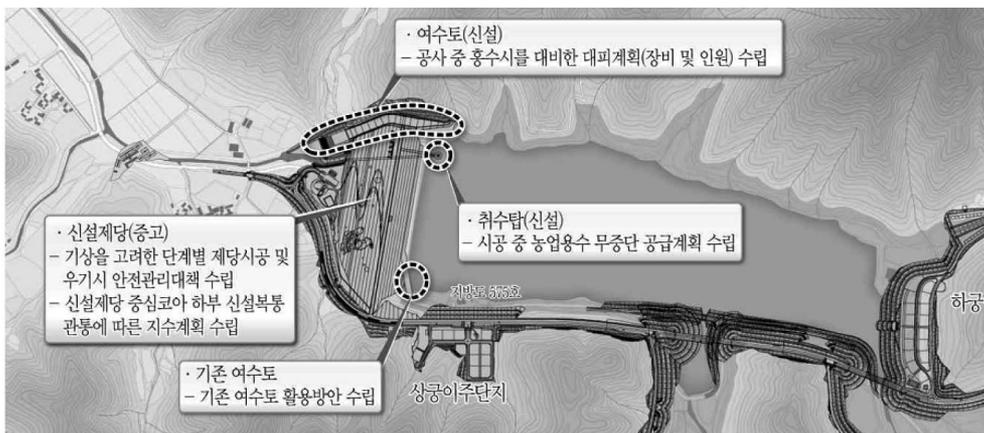


그림 11. 시공 계획

립과, 신설 여수로 구간 단층파쇄대 분포로 시공이 어려울 수 있어 공사 중 우기에 대비하여 기존 여수로 활용 방안 수립에 중점을 두었다. 무엇보다도 제당은 기설 제당 후면에 13m 높이로 덧쌓기를 하므로 덧쌓기에 따른 단계별 시공 및 제당 직선화 시공이 관건이며 기상을 고려한 제당시공 및 우기시 안전대책 수립이 중요하다.

3.2 추풍령지구

3.2.1 공사개요

추풍령저수지는 1927년에 준공된 저수지로 칠장천의 시발점으로 광혜저수지로 유입되고 있으며, 농업용수를 제외한 환경용수는 광혜저수지 하류로 방류되어 국가하천인 미호천을 따라 금강으로 유입된다. 추풍령 지구는 제당 높이를 후면 덧쌓기 공법을 적용하여 5m ($H=16.7m \rightarrow 21.7m$) 높이는 사업으로 이설도로, 여수토방수로, 취수탑, 뚝 높이기 등이 완료되었으며 2012년 7월 현재 대부분 공종이 마무리된 상태이며 주요 공종을 아래와 같다.

- 유역면적 : 1,053ha
- 수혜면적 : 128.6ha
- 제 체 : 높이 $H=16.7m \rightarrow 21.7m$,
연장 $99m \rightarrow 123m$ (추가저수량 : $154만m^3$)
- 만수위 : EL.+248.65m \rightarrow EL.+253.65m(5.0m 증)
- 홍수위 : EL.+249.65m \rightarrow EL.+254.85m(5.2m 증)
- 여수로 : $L=34.0m \rightarrow 53.0m$
(홍수량 : $122.04m^3/s \rightarrow 148.44m^3/s$)
- 여수토방수로 : $L=172.0m$
- 취수탑 : $H=22.0m, D=4.0m$ (환경용수량 : $9,625m^3/일$)

- 복 통 : $D=2R-V-2.0, L=120m$
- 도 로 : 4조 4081m

3.2.2 주요공법 및 중점관리

① 신·구 성토재 접합

뚝 높이기 높이가 5m로 담수시 기존 제체와 뚝 높이기한 경계부의 불균일로 사면이 불안정해 질 수 있으므로 신규로 시공되는 후면 덧쌓기 기초부 시공을 완료하고 기존 제체와 기존 제체와 신·구 재료가 일치되도록 층따기, 균일하게 수평 시공을 하였으며, 적정 압밀 및 전단강도를 확보하는데 주력하였다. 특히 흙쌓기는 댐 축방향에 따라 같은 층에 성질이 다른 성토재를 사용하지 않도록 하였으며 담수된 저수지의 덧쌓기 부분 다짐시 과도한 진동을 피하고, 롤러에 의해 이미 다져진 면적은 새로 다져질 면적과 0.3m 이상의 폭으로 중복되도록 하였다.

② 기존 제체 내 중심점토 성토 (흙막이)

기존 제체 드레인 부분에 위치하게 될 중심점토 시공과 기존 제체를 최대한 유지하기 위해 토류벽을 설치하였으며, 특히 토류벽 설치로 인한 경계부는 공극이 발생하지 않도록 성토 다짐시 95% 이상 다짐을 위해 25~30cm 두께로 깔고 6~8회 다짐을 하는 등 주의를 기울여 시공하였으며, 침투수 발생, 공극 압밀로 인한 침하 우려에 대비해 지속적으로 관찰하였다.

③ 취수탑 가물막이(2열 쉬트파일)

기존 저수지 수위를 유지한 상태에서 취수탑 시공을 해야 하므로 가물막이(2열 쉬트파일)를 설치한 후 취수탑 공사를 시행하였다. 가물막이 자체는 구조적으로 안전하게 설계되었으나, 동절기 토공사 중 2열 쉬트파일 내부에 채워져 있는 토사에 포화된 물의 동결로 빙압이

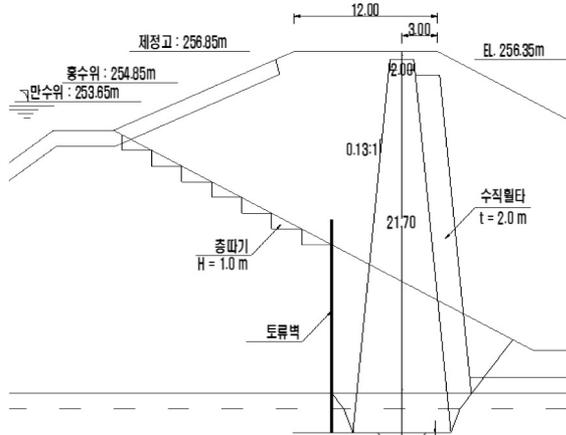


그림 12. 흙막이를 이용한 제당 터파기 및 기초처리 전경

발생하여 슈트파일과 타이케이블에 과도한 응력 집중이 발생하기도 하였다.

3.3 후면 덧쌓기 공법 적용시 주의사항

저수지의 제체 후면에 별도의 점토재를 설치하고 기존 제체 외측에 증고 높이를 5.0m 이상 15m 이내로 덧쌓기를 함으로써 실제 만수위가 기존 심벽의 상부에 위치하게 되고 후면 덧쌓기한 제체의 심벽이 주된 차수기능을 수행하게 된다. 그러나 기존 제체의 심벽은 수위 급강하 시에는 제체의 수위를 제체 내부에 가두는 역할을 하게 되어 기존 점토재와 신설 점토재 사이에 수압이 작용하므로 써 사면 활동을 발생시키는 요인으로 작용

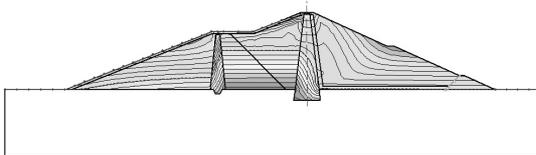


그림 13. 수위급강하시 압력수두

할 수 있다.

시공성 면에서도 기존 제체 위에 상당한 높이로 증고하므로 기존 이설도로, 취수시설, 배수시설 등을 전면 재설치하거나 위치를 변경하여 시공하게 되므로 써 공정이 복잡하게 되고 치밀한 시공계획 수립이 요구된다.

공지구도 기존 여수토나 취수시설 기능을 유지한 채 새로운 취수탑과 여수토 신설, 제당 덧쌓기 공중이 동시에 이루어지고 있다. 이 경우 증고 높이(13m)가 높고 제당 연장(380m)이 길기 때문에 제당 성토시 전 구간에 대한 직선화(수평)시공은 어려우며, 신설 여수토 구역과 기존 여수토 구역으로 구분하는 성토 시공이 불가피할 것으로 보인다. 이때 구분 시공된 각 구역 경계부가 제체 안정에 취약구간이 되지 않도록 충분한 검토와 정밀 시공이 강조된다.

4. 결 언

최근 기상변화로 인해 2012년 올해 104년 만에 최악

의 가뭄이 찾아왔다는 소식은 농업인은 물론 전 국민을 안타깝게 만들었다. 이때 독 높이기 사업 지구 중 2011년에 조기 준공하여 담수를 시작한 10개 저수지는 이미 5~6월 모내기가 완료되었으며 가뭄이 지속되는 현재에도 다른 저수지보다 높은 저수율(평균 57%)을 유지하고 있어 본담 급수에 지장이 없을 것으로 파악되고 있는데 그 효과를 톡톡히 발휘하고 있다.

그래도 여전히 물 공급 전망(수자원장기종합계획, 2006)을 보면 기준수요 시나리오에서 2016년 기준으로 물 부족이 확대될 것으로 예측되고 있다. 따라서 이미 그 효과가 검증된 독 높이기 사업을 향후 4대강 지류지천의 저수지로 확대 시행하여 국가적 재난에 대비하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

그리고 추가적으로 저수지 독 높이를 하게 된다면 후면 덧쌓기보다 이설 쌓기 공법 적용 확대를 제안하고자 한다. 물론 지역, 지형 등 여러 여건에 따라 다르겠지만 5m 이상 덧쌓기시 기존 시설을 최대 유지한 채 시공해야 하므로 보이지 않는 가시설비용, 엄격한 안전관리 등에 많은 시간, 인력, 비용 투자가 필요하며 시공성이 불리하여 공사기간이 장기화 될 수밖에 없다. 또한 아무리 정밀시공을 하더라도 기존 제체와 신규 제체의 물성 차이로 일체화되기 어렵고 경계부의 취약으로 구조적 안정성을 장담하기도 어렵기 때문이다. 따라서 가능하

다면 향후 독 높이기시 아무런 제약 없이 제체, 취수시설 시공이 가능하며, 공사 중 기존 시설 이용에도 전혀 장애가 되지 않으며 공사비에서도 큰 부담이 없을 것으로 보이는 이설쌓기 공법 채택이 더 효과적일 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 농어촌연구원, 2009, 농업생산기반시설의 단면 확대에 따른 공학적 안정성 확보방안 연구(I)
2. 농어촌연구원, 2010, 농업생산기반시설의 단면 확대에 따른 공학적 안정성 확보방안 연구
3. 한국농어촌공사, 2011, 공지구 농업용저수지 독높이기사업 세부설계 보고서
4. 한국농어촌공사, 2009, 추풍령지구 농업용저수지 독높이기 사업 세부설계 보고서
5. 한국농어촌공사, 2010, 저수지 독높이기 공사 및 사업관리 업무지침
6. 농림부, 2002, 농업생산기반정비사업계획설계기준(필담편)
7. 한국수자원공사, 2004, 기존댐의 재개발 사례 연구

기획: 이달원 dwlee@cnu.ac.kr